

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2006/2007

April 2007

**EAS 454/4 – Kejuruteraan Struktur Lanjutan**

Masa : 3 jam

---

Please check that this examination paper consists of THIRTEEN pages of printed material including appendices before you begin the examination.

*[Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions:** Answer **FIVE** (5) questions only. All questions carry the same marks.

**[Arahan:** Jawab **LIMA** (5) soalan sahaja. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

You may answer the question in English except one question should be answered in Bahasa Malaysia.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris kecuali satu soalan mestilah dijawab dalam Bahasa Malaysia.]*

Write the answered question numbers on the cover sheet of the answer script.

*[Tuliskan nombor soalan yang dijawab di luar kulit buku jawapan anda.]*

1. [a] Explain the **TWO (2)** criteria that allow the usage of Truss Analogy method in the analysis and design of a pile cap.

(4 marks)

*Terang DUA (2) kriteria yang membenarkan penggunaan kaedah **Analogi Kekuda** untuk menganalisa dan merekabentuk tetopi cerucuk.*

1. [b] Design and detail a pile cap with reference to the data given. Neglect the selfweight of the pile cap.

(i)	Column Load (At Service), <b>P</b>	= 4000 kN
(ii)	Column Load (At Ultimate), <b>N</b>	= 5800 kN
(iii)	Pile Diameter, <b>hp</b>	= 400 mm
(iv)	Pile Type	= Pre-Stressed Concrete Spun Pile
(v)	Allowable Pile Working Load, <b>Qall</b>	= 700 kN
(vi)	Characteristic Strength of Concrete, <b>fcu</b>	= 40 N/mm <sup>2</sup>
(vii)	Characteristic Strength of Reinforcement, <b>fy</b>	= 460 N/mm <sup>2</sup>
(viii)	Pile Spacing, <b>I</b>	= 3 x <b>hp</b>
(ix)	Clear Edge Distance	= 200 mm
(x)	Pile Embedment Length	= 75 mm
(xi)	Concrete Cover	= 50 mm
(xii)	Loop Bar/Reinforcement	= 25 % of Main Reinforcement
(xiii)	Effective Depth of the Pile Cap	= 950 mm

(16 marks)

*Rekabentuk dan perincian tetopi cerucuk berpandukan data yang diberi. Abaikan berat-diri tetopi cerucuk.*

(i)	Beban Tiang (Had Kebolehhidmatan), <b>P</b>	= 4000 kN
(ii)	Beban Tiang (Had Muktamad), <b>N</b>	= 5800 kN
(iii)	Garispusat Cerucuk, <b>hp</b>	= 400 mm
(iv)	Jenis Cerucuk	= Cerucuk Span Konkrit Pra-Tegasan
(v)	Keupayaan dibenarkan setiap cerucuk, <b>Qall</b>	= 700 kN
(vi)	Kekuatan ciri konkrit, <b>fcu</b>	= 40 N/mm <sup>2</sup>
(vii)	Kekuatan ciri tetulang, <b>fy</b>	= 460 N/mm <sup>2</sup>
(viii)	Selaan cerucuk, <b>I</b>	= 3 x <b>hp</b>
(ix)	Jarak bersih hujung tetopi ke cerucuk	= 200 mm
(x)	Panjang benaman cerucuk	= 75 mm
(xi)	Penutup konkrit	= 50 mm
(xii)	Tetulang gegelung	= 25 % Tetulang Utama
(xiii)	Kedalaman efektif tetopi cerucuk, <b>d</b>	= 950 mm

2. [a] Micropile is also known as the smaller version of Bored Piles. With the aid of suitable sketches, state **FOUR (4)** differences that can distinguish between Micropiles and Bored Piles.

(6 marks)

*Cerucuk Mikro juga dikenali juga sebagai Cerucuk Tergerek kecil. Nyatakan **EMPAT (4)** perkara yang boleh membezakan antara Cerucuk Mikro dan Cerucuk Tergerek dengan menggunakan lakaran yang sesuai.*

2. [b] Figures 1(a) and (b) show the vertical and horizontal forces acting on a bridge abutment. Perform the pile capacity check for every row of piles. If piles in row P2 are raked with the ratio 1 : 4, check the quantity of raked piles provided. Allowable pile capacity ( $Q_{all}$ ) is 400 kN.

(14 marks)

*Rajah 1(a) dan (b) menunjukkan daya-daya pugak dan sisi yang bertindak pada struktur Tembok Landas sebuah jambatan. Kira keupayaan cerucuk untuk setiap barisan. Sekiranya barisan cerucuk P2 disadak dengan nisbah 1 : 4, semak kuantiti cerucuk sadak yang disediakan. Keupayaan cerucuk yang dibenarkan ( $Q_{all}$ ) adalah 400 kN.*

- 4 -

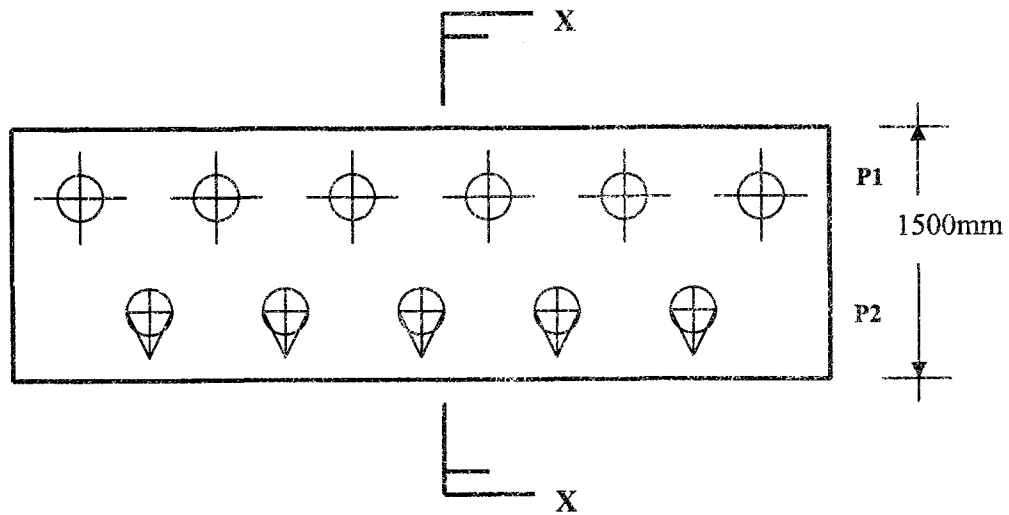


Figure 1(a) : Pelan 11 Kumpulan Cerucuk

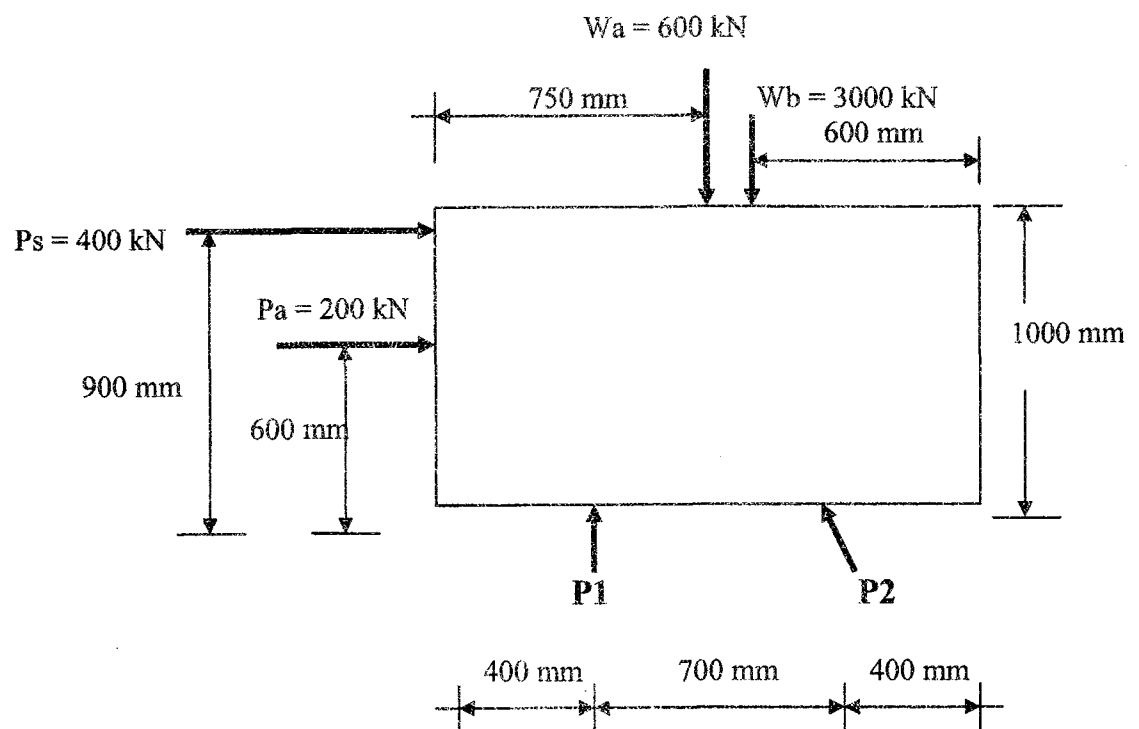


Figure 1(b) : Keratan X - X

3. [a] State the **THREE (3)** basic equations in structural mechanics. Figure 2 shows a three-member pin-jointed 2D truss subjected to loads  $P_H$  and  $P_V$  at joint 4. The truss is pinned at joints 1, 2 and 3. Axial rigidity for all members of the truss is  $AE$ . Derive the structure stiffness equation using matrix method. Use the element connectivity data given in Table 1.

(8 marks)

Nyatakan **TIGA (3)** hubungan asas dalam mekanik struktur. Rajah 2 menunjukkan satu kekuda satah tiga-anggota yang dikenakan beban  $P_H$  dan  $P_V$  pada sambungan 4. Kekuda berkenaan disokong oleh tiga penyokong pin pada sambungan 1, 2 dan 3. Ketegaran paksi kesemua anggota adalah  $AE$ . Terbitkan persamaan kekukuhan struktur dengan menggunakan kaedah matriks. Gunakan data penyambungan elemen yang diberikan dalam Jadual 1.

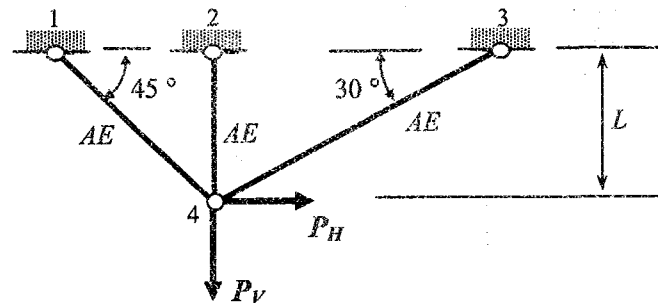


Figure 2

Table 1

Element	node i	node j
1	1	4
2	2	4
3	3	4

3. [b] Figure 3 shows a beam model with uniform flexural rigidity  $EI=7.5\text{MNm}^2$  which is rigidly supported at nodes 1 and 3. A spring with axial stiffness  $k=15\text{MN/m}$  is connected to the beam at node 2. The beam is loaded with a concentrated load  $P=100\text{kN}$  acting at node 2 and a uniformly distributed load  $w=35\text{kN/m}$  along portion 2-3. Calculate the deflection and rotation at node 2 using matrix method. Use the element connectivity data given in Table 2.

(12 marks)

Rajah 3 menunjukkan satu model rasuk yang mempunyai ketegaran lenturan seragam  $EI=7.5\text{MNm}^2$ . Rasuk berkenaan disokong secara tegas pada nod 1 dan 3. Satu pegas dengan kekakuan paksi  $k=15\text{MN/m}$  bersambung dengan rasuk pada nod 2. Rasuk berkenaan dikenakan satu beban tertumpu  $P=100\text{kN}$  pada nod 2 dan satu beban teragih seragam  $w=35\text{kN/m}$  di sepanjang bahagian 2-3. Kirakan anjakan dan putaran pada nod 2 dengan menggunakan kaedah matriks. Gunakan data penyambungan elemen yang diberikan dalam Jadual 2.

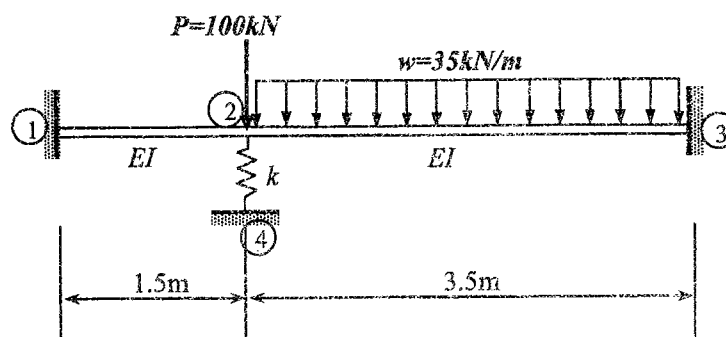


Figure 3

Table 2

Element	node i	node j
1	1	2
2	2	3
3	2	4

4. [a] Derive the equation of motion for the SDOF system shown in Figure 4 where  $k$  : stiffness of the system,  $c$  : viscous damping coefficient of the system,  $m$  : mass of the system,  $p(t)$  : time varying external load acting on the system and  $v(t)$  : displacement of the system with respect to static equilibrium position. Use the method of direct equilibration together with d'Alembert's Principle.

(6 marks)

Terbitkan persamaan gerakan untuk sistem SDOF yang ditunjukkan dalam Rajah 4 iaitu  $k$  : kekukuhan sistem,  $m$  : jisim sistem,  $p(t)$  : daya luar bertindak yang berubah dengan masa dan  $v(t)$  : anjakan sistem yang diukur dari kedudukan keseimbangan statik. Gunakan kaedah keseimbangan daya bersama dengan Prinsip d'Alembert.

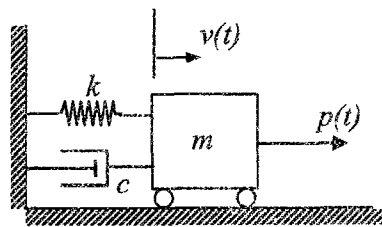


Figure 4

4. [b] A cantilever beam with span  $L$  and flexural rigidity  $EI$  is designed to carry a heavy machine with weight  $W$  at a location of  $0.9L$  from support A as shown in Figure 5. The machine is supported by two vertical springs with stiffness  $k$ . The two springs are rigidly attached to a rigid plate which is firmly attached to the beam at B. Another spring with stiffness  $5k$  is attached to point B as shown in Figure 5.

By considering the system as shown in Figure 5 as a SDOF system, derive the expression for the equivalent stiffness of the system. Neglect the self-weight of both beam and rigid plate. Given that a load  $P$  acting at a location  $S$  from the fixed support of a cantilever beam will produce a deflection of  $PS^3/(3EI)$  at the same location.

(4 marks)

Satu rasuk julur dengan rentang  $L$  dan ketegaran lenturan  $EI$  direkabentuk untuk menanggung satu mesin dengan berat  $W$  pada kedudukan  $0.9L$  dari hujung terikat A seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Mesin berkenaan disokong oleh dua pegas dengan kekukuhan  $k$ . Kedua-dua pegas kemudiannya disambung ke atas satu plat tegar yang terikat kukuh kepada rasuk pada B. Satu lagi pegas dengan kekukuhan  $5k$  disambung kepada titik B seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.

Dengan mempertimbangkan sistem seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5 sebagai satu sistem SDOF, terbitkan persamaan untuk kekukuhan setara sistem. Abaikan berat sendiri rasuk dan juga plat tegar. Diberi bahawa satu daya  $P$  yang bertindak pada kedudukan  $S$  dari hujung terikat satu rasuk julur akan menghasilkan anjakan pugak bersamaan dengan  $PS^3/(3EI)$  pada kedudukan yang sama.

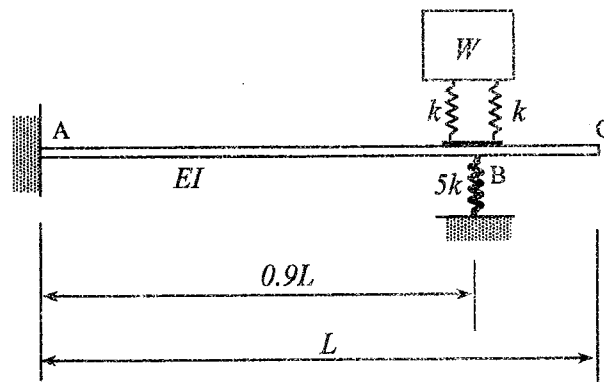


Figure 5



4. [c] By using suitable plots of time-history of displacement, illustrate clearly the effect of damping ratio  $\zeta$  on free vibration response of a SDOF system.

Figure 6 shows a frame with pinned supports where dynamic analysis is to be carried out using SDOF model. Connection between the two supporting columns and the girder can be assumed to be fully rigid. A free vibration test has been carried out on the frame. It was found that when a lateral jacking force of 250kN is applied on to the girder, the lateral displacement produced was 50mm. When the girder was instantaneously released from this initial position, it was observed that the time recorded for the frame to complete four cycles was 4.1s and the amplitude of vibration after four cycles was 15mm. Based on the data given above and neglecting the mass of the two supporting columns, compute:

- (i) Damping ratio  $\zeta$
- (ii) Damped frequency of vibration  $f_D$  in Hertz
- (iii) Effective weight of the girder
- (iv) Number of cycles needed for the amplitude of vibration to decrease to 10% of the initial amplitude.

(10 marks)

*Dengan menggunakan lakaran sejarah-masa untuk anjakan, jelaskan kesan nisbah redaman  $\zeta$  ke atas sambutan getaran bebas satu sistem SDOF.*

*Rajah 6 menunjukkan satu kerangka dengan penyokong pin dimana analisis dinamik akan dijalankan dengan menggunakan model SDOF. Sambungan antara tiang penyokong dengan galang boleh dianggap sebagai tegar sepenuhnya. Satu ujian getaran bebas telah dijalankan ke atas kerangka berkenaan. Didapati daripada hasil ujian bahawa apabila nilai daya tujahan sisi sebanyak 250kN dikenakan ke atas galang kerangka, anjakan sisi yang terhasil adalah sebesar 50mm. Apabila galang dilepas dari kedudukan asal di atas, didapati bahawa masa yang diperlukan untuk kerangka melengkapkan empat kitaran adalah 4.1s dan amplitud getaran selepas empat kitaran adalah 15mm.*

*Berdasarkan kepada data yang diberikan dan abaikan jisim kedua-dua tiang penyokong, kira :*

- (i) Nisbah redaman  $\zeta$
- (ii) Frekuensi getaran teredam  $f_D$  dalam Hertz
- (iii) Berat berkesan  $W$  galang
- (iv) Bilangan kitaran yang diperlukan untuk amplitud getaran berkurangan sehingga 10% daripada amplitud asal.

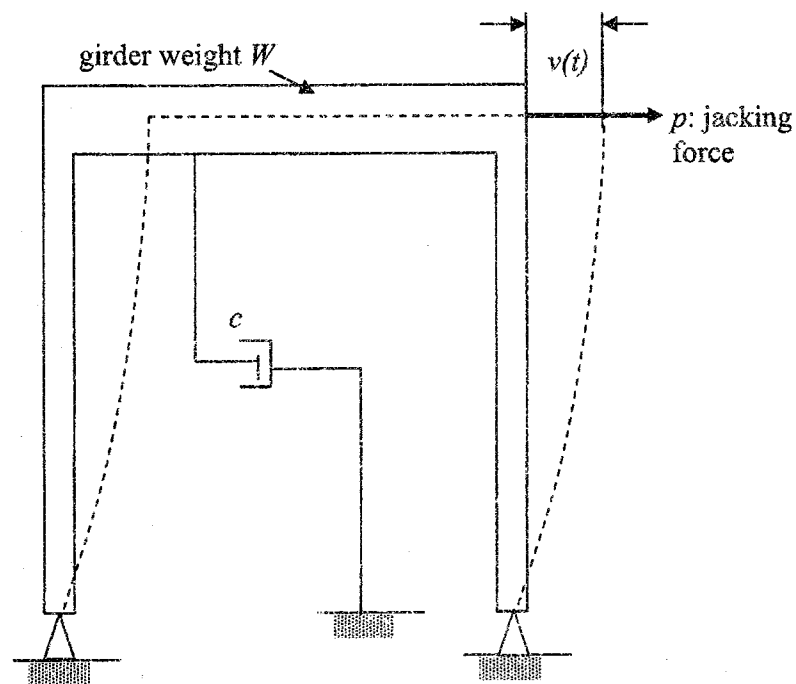


Figure 6

5. [a] Discuss briefly the following **THREE (3)** phases in finite element analysis:

- i. Phase 1: Pre-processing
- ii. Phase 2 : Analysis
- iii. Phase 3 : Post-processing

(10 marks)

*Bincang secara ringkas mengenai TIGA (3) fasa berikut dalam analisa kaedah elemen terhingga:*

- i. Fasa 1: Pra-pemprosesan
- ii. Fasa 2: Analisa
- iii. Fasa 3: Pasca-pemprosesan

5. [b] A spring system with arbitrarily numbered nodes is shown in Figure 7. Given  $k_1 = 150 \text{ N/mm}$ ,  $k_2 = 200 \text{ N/mm}$ ,  $k_3 = k_4 = 100 \text{ N/mm}$ ,  $F_3 = 500 \text{ N}$ ,  $u_1 = u_4 = u_5 = 0$ , determine:

- the global stiffness matrix
- displacement at nodes 2 and 3
- the reaction forces at nodes 1 and 4
- the force in spring 2

(10 marks)

Satu sistem pegas dengan nombor nod sembarangan ditunjukkan di Rajah 7. Diberi nilai  $k_1 = 150 \text{ N/mm}$ ,  $k_2 = 200 \text{ N/mm}$ ,  $k_3 = k_4 = 100 \text{ N/mm}$ ,  $F_3 = 500 \text{ N}$ ,  $u_1 = u_4 = u_5 = 0$ , kira:

- Matriks kekukuhan global
- Anjakan di nod 2 dan 3
- Daya tindakbalas di nod 1 dan 4
- Daya dalam pegas 2

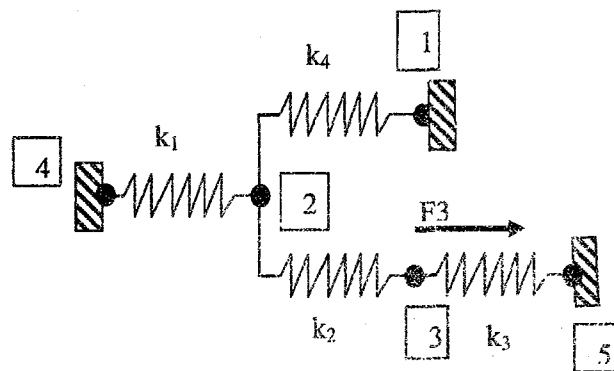


Figure 7

6. A tall building will be built in Seremban (Zone II) with terrain category 2 and basic wind speed of  $32.5 \text{ m/s}^2$  as shown in Figure 8. It is made of steel portal frames spaced at 6m centre to centre. For the design purposes, you are required to calculate the value of design wind pressure on the windward surface (W) based on MS1553 (2003), for every 3 storeys. Subsequently, sketch the net design wind pressure. (20 marks)

*Sebuah bangunan tinggi yang akan dibina di Seremban (Zon II) dalam kategori rupa bumi 2 dengan beban angin asas sebanyak  $32.5 \text{ m/s}^2$  seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8. Ia dibina menggunakan kerangka portal keluli pada selaan 6 m. Untuk tujuan rekebentuk, anda dikehendaki mengira nilai tekanan angin rekabentuk di permukaan arah angin (W) berdasarkan MS1553 (2003), untuk setiap 3 tingkat. Seterusnya, lakarkan nilai tekanan angin rekabentuk bersih.*

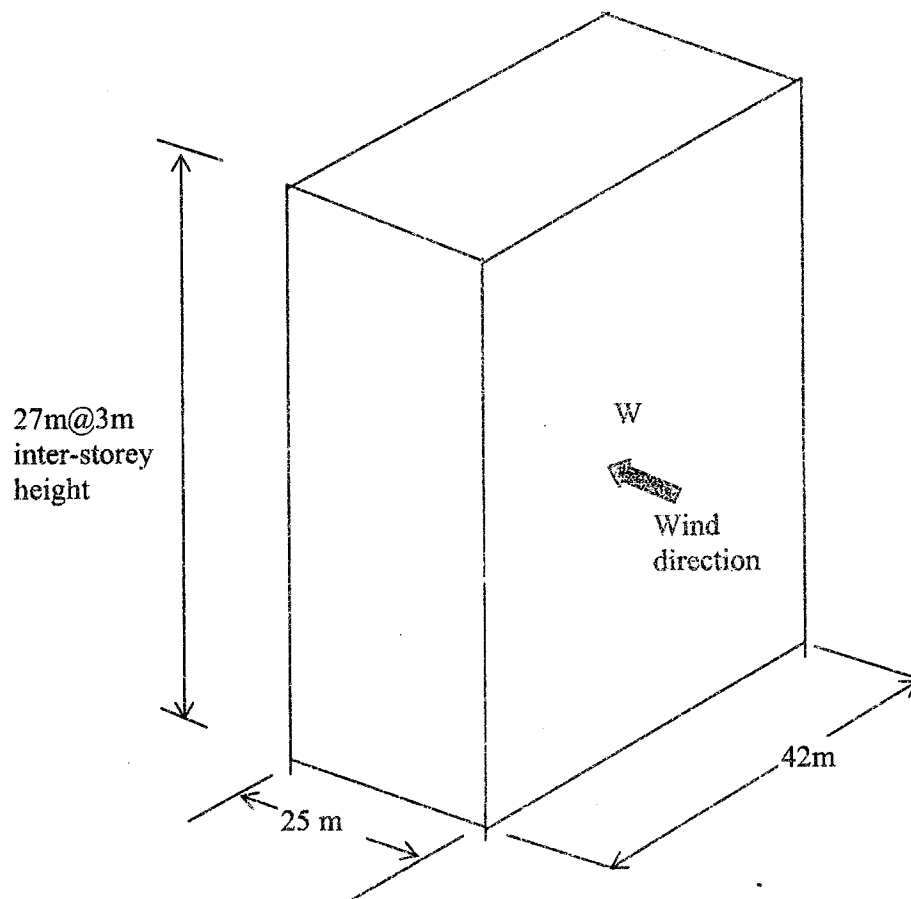
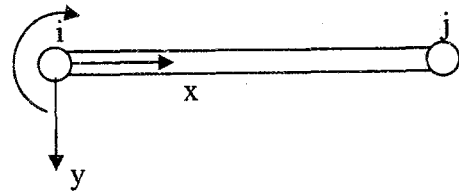


Figure 8

## APPENDIX 1

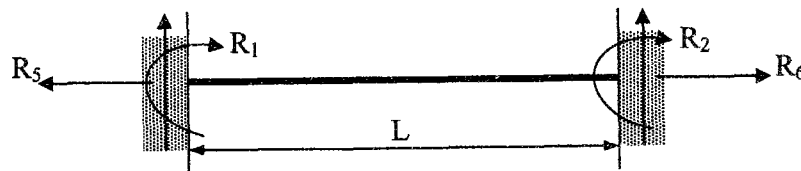
a. Element stiffness matrix of a beam element:

$$k = EI_z \begin{bmatrix} \frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} & -\frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} \\ -\frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} & \frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} \end{bmatrix}$$



where  $E$  : modulus of elasticity,  $I_z$  : moment of inertia of section with respect to  $z$ -axis (an axis pointing towards the plane of the paper) and  $L$  : length of element

b. Fixed end forces



Type of loading	Moments	Vertical forces	Horizontal forces
	$R_1 = -Pab^2/L^2$ $R_2 = -Pa^2b/L^2$	$R_3 = Pb(L^2 + ab - a^2)/L^3$ $R_4 = Pa(L^2 + ab - b^2)/L^3$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$
	$R_1 = -pL^2/12$ $R_2 = pL^2/12$	$R_3 = pL/2$ $R_4 = pL/2$	$R_5 = 0$ $R_6 = 0$